

Modelos Cognitivos da Tonalidade¹

ÂNGELO MARTINGO angelomartingo@gmail.com

São apresentados os modelos cognitivos da tonalidade desenvolvidos por Shepard (1964; 1982a), Longuet-Higgins (1987), Lerdahl (1988; 2001), e Krumhansl (1983; 1990), com particular incidência no modelo de Lerdahl. Um breve exame comparativo evidencia as potencialidades deste último como instrumento de investigação no âmbito dos estudos de performance bem como na área da percepção.

Palavras-chave: Percepção; Tonalidade; Lerdahl; Longuet-Higgins; Krumhansl; Shepard.

INTRODUÇÃO

Esta reflexão apresenta quatro modelos distintos, ainda que relacionados, da estrutura tonal, a saber, os modelos de Shepard (1964; 1982a), Longuet-Higgins (1987), Lerdahl (1988; 2001), e Krumhansl (1983; 1990). Todos os quatro modelos assentam numa base cognitiva por contraposição a uma base psicoacústica. Como sumariado por Shepard (1982ab), enquanto que a psicoacústica procura determinar os atributos psicológicos da percepção a partir da dependência entre atributos físicos do som (nomeadamente, altura, intensidade e duração), a perspectiva cognitiva procura identificar relações estruturais na percepção dos sons independentemente dos seus atributos físicos (Shepard 1982a).

Pretende-se com cada um dos quatro modelos representar a hierarquia tonal no que se refere quer à proximidade entre sons isolados quer à proximidade entre acordes de uma tonalidade e de tonalidades diferentes.

I – SHEPARD

Como é sabido, a identificação de alturas comporta duas vertentes, a saber, o nome da nota, e a sua frequência, ou índice de altura. Assim, ao nomear, digamos, Lá³, incluímos quer o nome da nota em questão (a sua classe de alturas, poder-se-ia dizer, adaptando o termo *pitch-class*), quer a sua posição num contínuo de alturas. Por outro lado, é consensualmente reconhecida uma particular afinidade perceptiva às notas com o mesmo nome e diferente índice de oitava – a chamada equivalência de oitava. Shepard (1964) procurou evidenciar esta particularidade da percepção, produzindo artificialmente para o efeito sons constituídos por um envelope em forma sino constituído por frequências sinusoidais à distância de oitava. Desta maneira, eram dados a ouvir aos sujeitos sons bem definidos em termos de classe de altura (nome da nota) mas mal definidos em termos de posição no contínuo sonoro (índice de oitava),

sendo-lhes solicitado identificar a direcção ascendente ou descendente do intervalo definido pela sucessão de cada um dos sons de cada par possível de notas de nome diferente. Nestas condições particulares verifica-se a equivalência de intervalos complementares, sendo que os ouvintes identificam sistematicamente o menor intervalo possível definido por cada par de sons. Assim, por exemplo, um par Dó-Mi é sistematicamente ouvido como um intervalo ascendente (uma terceira maior) e não como descendente (caso em que seria ouvido como uma sexta menor). Da mesma maneira, um par Dó-Fá é consistentemente percebido como ascendente (uma quarta perfeita) e não como descendente (caso em que seria ouvido como uma quinta perfeita). Consistentemente, verifica-se que, quando a oitava é dividida em iguais partes – no caso do trítone, os ouvintes identificam o intervalo quer como ascendente quer como descendente. Shepard (1982a) propõe assim uma representação gráfica que ilustre quer esta circularidade na percepção, quer a dimensão linear do contínuo de alturas, sendo esta representação invariante sob transformação, regular e simétrica. Quando dois intervalos, juntamente com o contínuo de alturas é considerado, Shepard propõe uma dupla helicóide enrolada num cilindro (1982a).

II – LONGUET-HIGGINS

Longuet-Higgins parte de premissas distintas destas, sendo motivado por questões de afinação em que está implícita a funcionalidade de uma nota dentro de uma dada tonalidade. Ora precisamente, são três as dimensões que, segundo ele definem a altura do som em cada contexto tonal, a saber, a oitava, o ciclo de quintas e o ciclo de terceiras maiores.

Longuet-Higgins (1987) começa por considerar que a afinação de um dado harmónico é fácil quando esse harmónico tem como ordinal um número primo como 2, 3, 5 e difícil no caso de ter como ordinal um número primo como 7, 11, 13 ou superiores. Considerando ainda que se dois harmónicos podem ser afinados com a fundamental, podem também ser afinados entre si, Longuet-Higgins (1987) afirma que dois harmónicos podem ser afinados se a razão entre eles puder ser expressa pela fórmula $2^x 3^y 5^z$, sendo x , y , e z números inteiros (positivos, negativos, ou zero). Considerando ainda que, segundo o chamado 'teorema fundamental da aritmética', um número inteiro pode ser expresso de uma só forma como um produto de factores primos, e que a fórmula $2^x 3^y 5^z$ pode ser expressa na forma $(2/1)^{x+y+2z} (3/2)^y (5/4)^z$, onde as fracções entre parêntesis correspondem aos rácios das frequências de uma oitava (2/1), uma quinta perfeita (3/2), e uma terceira maior (5/4), Longuet-

Higgins (1987) afirma que um dado intervalo em música tonal pode ser expresso de uma e uma só maneira como uma combinação de oitavas, quintas perfeitas e terceiras maiores. Baseado neste raciocínio, Longuet-Higgins (1987) assegura que o espaço tonal tem nem mais nem menos que três dimensões e propõe assim como 'teorema fundamental da harmonia' que "[...]" o intervalo entre duas notas vizinhas numa composição tonal pode ser conceptualizado de uma e uma só forma como uma combinação de oitavas, quintas perfeitas e terceiras maiores [...]" (Longuet-Higgins 1987:57). Os intervalos constituem deste modo não diferenças numa escala contínua e linear de alturas mas antes vectores num espaço tridimensional que serve de referência quer à execução musical quer à percepção do contexto tonal por parte do ouvinte.

Coerentemente, Longuet-Higgins (1987) propõe uma representação geométrica das notas, definida por três coordenadas (x,y,z) de maneira que, tomando uma dada nota como origem, a outra será definida como um ponto que dista x quintas, y terceiras maiores e z oitavas dessa origem.

Quando está em questão uma tonalidade em particular, Longuet-Higgins (1987) reduz este espaço tridimensional a um sistema de duas coordenadas que designa de 'espaço harmónico'. Para tal, a equivalência de oitavas é tomada em consideração e uma dada nota é definida como sendo o ponto que dista x quintas perfeitas e y terceiras maiores de uma dada origem. Uma dada tonalidade é assim definida como a vizinhança no espaço harmónico.

III – LERDAHL

Uma proposta diversa é apresentada por Lerdahl (1988; 2001). De acordo com Lerdahl (1988), quer o modelo de Shepard quer o de Longuet-Higgins pecam pela simetria e pela relação entre os diferentes níveis de estrutura.

Lerdahl propõe-se colmatar estas limitações construindo um modelo algébrico em vez de um modelo geométrico. O modelo de Lerdahl, embora muito sistemático e estabelecendo algoritmos que podem facilmente ser implementados, assenta no entanto na sobreposição de pressupostos intuitivos e dados da teoria musical tradicional (como seja o ciclo de quintas). Almeja este modelo quantificar a 'distância' entre notas isoladas da mesma tonalidade, acordes dentro de uma mesma tonalidade, e acordes de tonalidades diferentes, servindo-se desta metáfora espacial para sistematizar a maior ou menor proximidade, ou afinidade psicológica na percepção musical.

Para quantificar a distância entre notas de uma mesma tonalidade, Lerdahl toma em consideração três níveis hierárquicos de estabilidade tonal, a saber, e por ordem decrescente: a oitava, o ciclo de quintas, o acorde da tônica, a escala diatônica e a escala cromática. A distância de uma dada nota em relação à tônica é calculada tomando em consideração o número de passos necessários na horizontal e na vertical (cada passo tem o coeficiente '1') para fazer o percurso desde o nível mais alto a que se encontra essa nota até ao último nível do esquema (o nível de oitava). Para este procedimento deve ser escolhido, de acordo com Lerdahl (2001), o caminho mais curto. Um passo horizontal é definido como a passagem entre duas notas adjacentes num dado nível hierárquico e um passo vertical é a passagem, para uma mesma nota, de um nível hierárquico a outro. Assim, a um dado nível hierárquico, um passo pode ser um meio-tom (nível cromático), um tom ou meio-tom diatônico no nível da escala diatônica, uma quinta no nível do ciclo de quintas, ou uma oitava no nível de oitava. Lerdahl (2001:50) justifica este procedimento com base numa perspectiva cognitiva, por oposição a uma perspectiva psicoacústica:

"Ainda que os passos em cada um dos níveis de quinta, triádico, ou diatônico sejam desiguais em termos de da escala logarítmica de frequência, eles são cognitivamente iguais porquanto são passos iguais dentro de cada nível".

Nestes procedimentos, as notas enarmônicas são também diferenciadas, de acordo com a sua funcionalidade harmônica, sendo Ré^b mais distante da tônica que Dó[#]. Veja-se o 'espaço básico' de Dó maior, no esquema mostrado no Ex. 1. Como Dó se encontra no nível mais estável, a distância de si próprio é 0 (como seria por definição lógica). Vemos no entanto que, tratando-se de Ré bemol, esta nota só se encontra no nível mais instável (o nível cromático). Temos assim de percorrer 5 passos até ao nível mais estável, no topo da estrutura, a saber: Ré^b-Dó, no nível cromático a que se somam mais quatro passos verticais até ao topo. Já se partirmos da nota Dó[#] (enarmônica de Dó[#]) teremos de percorrer 6 passos, a saber, Dó[#]-Ré, no nível cromático, Ré-Ré (passagem do nível cromático ao nível diatônico); Ré-Dó, no nível diatônico, a que se somam mais três passos verticais até ao topo. Já se partirmos do Sol, tendo em conta que se encontra no nível de quintas diatônicas, teremos de ter em conta a passagem Sol-Dó, no mesmo nível, e mais um passo para acedermos ao nível mais estável. Pelo mesmo raciocínio, chegaríamos ao valor '3' para a nota Mi. Assim, a distância de cada uma destas notas à tônica seria, respectivamente: Ré^b -5; Dó[#] -6; Sol -2; Mi -3.



Ex. 1

Espaço básico de Dó maior (adaptado de Lerdahl 2001:49)

Para atribuir uma distância numérica entre dois acordes de uma mesma tonalidade, Lerdahl toma em consideração a distância das notas fundamentais de cada acorde no ciclo diatônico de quintas (no caso de Dó maior, Dó-Sol-Ré-Lá-Mi-Si-Fá) e também o número de notas nos três níveis hierárquicos do espaço básico de cada acorde (oitava, quintas diatônicas, e acorde) que fazem parte do acorde-alvo mas não do acorde de referência. A distância entre dois acordes de uma mesma tonalidade é calculada somando estes dois valores.

Para o cálculo da proximidade entre acordes de tonalidades diferentes torna-se necessário juntar uma mudança ao nível diatônico ao procedimento adoptado em relação à distância entre acordes da mesma tonalidade. Procede-se assim em primeiro lugar, à contagem do número de alterações na armação de clave, em seguida, à contagem do número de passos no círculo de quintas cromáticas (partindo de Dó: Dó-Sol-Ré-Lá-Mi-Si-Fá[#]-Dó[#]-Sol[#], etc) entre a fundamental do primeiro acorde e a fundamental do segundo e, por último, à contagem, em cada nível hierárquico, das notas que se encontram no acorde-alvo e estão ausentes do acorde de partida. Também aqui se verifica, da mesma maneira que no 'espaço básico', que ao mesmo acorde é atribuído um coeficiente de distância que tem em consideração a sua funcionalidade tonal. Assim, e sem demonstrar o procedimento, um acorde tonicizado de Sol maior, é duas unidades mais distante do acorde de Dó maior do que um acorde de Sol com função de dominante.

De maneira a simplificar o cálculo da distância entre acordes distantes, Lerdahl (2001) propõe um mapa de regiões tonais. A simplificação do procedimento consiste em subsumir os níveis do espaço tonal básico sob a tônica e calcular a distância em função da distância entre tônicas locais. Lerdahl constrói este espaço a partir de quatro acordes igualmente distantes da tônica (distância com o valor '7'), a saber, a tônica menor, a subdominante (IV), a dominante (V) e a sobredominante (vi). Quando este esquema é repetido em todas as direcções, é obtido

um mapa organizado verticalmente como um ciclo de quintas e horizontalmente como um ciclo de pares paralelos de tónicas maior-menor à distância de terceira menor (veja-se o Ex. 2, representando a região de Dó, em que tonalidades maiores são representadas por iniciais maiúsculas e tonalidades menores por iniciais minúsculas).



Ex. 2

Lerdahl - Espaço regional de Dó (adaptado de Lerdahl 2001:64)

Tendo em vista simplificar o cálculo de distância entre acordes de tonalidades remotas, Lerdahl propõe o uso de pivots que define como “[...] pontos de reorientação ao longo de um caminho regional” (Lerdahl 2001:64). As regiões-pivot são constituídas por seis elementos (I, ii, iii, IV, V e vi no modo maior e os acordes i, ^bIII, iv, v, ^bVI, e ^bVII no modo menor) e organizadas em torno de uma tónica local, sendo as distâncias de cada um destes elementos em relação às respectivas tónicas conhecida de antemão. Os movimentos dentro desta estrutura podem ser feitos na vertical (por quintas) ou na horizontal (por terceiras menores). Quando o acorde-alvo se encontrar na mesma região tonal do acorde de partida, é permitido o movimento na diagonal. Em qualquer dos casos, o princípio fundamental a observar é que o caminho entre dois acordes deve ser calculado de maneira a obter o mínimo valor possível (ou seja, o caminho mais curto entre os dois pontos) (Lerdahl 2001:74).

Lerdahl propõe assim um conjunto de procedimentos que junta elementos de teoria musical tradicional (o ciclo de quintas, por exemplo) a resultados da psicologia cognitiva (a organização dos níveis hierárquicos de estabilidade, por exemplo, é finspirada em Deutsch e Feroe 1981). Não obstante a relativa arbitrariedade do procedimento, o modelo parece sistematizar pesquisa empírica anterior de Krumhansl (1983; 1990), tendo Lerdahl (1988) invocado precisamente o trabalho desta investigadora como suporte empírico do seu modelo.

IV – KRUMHANSL

A pesquisa de Krumhansl é de cariz experimental e evidencia a interiorização da estrutura tonal quer ao nível de sons individuais quer ao nível dos acordes dentro de uma tonalidade e entre tonalidades diferentes. Ao investigar a percepção da estabilidade da

hierarquia tonal ao nível de sons individuais, Krumhansl (1983) mostra que as notas mais importantes da tonalidade são percebidas como sendo as mais estáveis (Krumhansl 1983). A hierarquia tonal desenvolvida pela teoria musical constitui assim também um princípio perceptivo e cognitivo. Quando é pedido a sujeitos que avaliem o grau em que uma dada nota da escala cromática completa uma escala maior ascendente ou descendente, os dados mostram que sujeitos com uma formação musical moderada a superior dão preferência à tônica, seguida pelos graus diatônicos e em último, pelos graus não diatônicos da escala (Krumhansl e Shepard 1979, citado em Krumhansl 1983).

Da mesma maneira que acontecia com sons individuais, a estrutura tonal também é interiorizada ao nível dos acordes de uma dada tonalidade. Ao estudar a proximidade de acordes com as fundamentais em cada um dos sete graus das escalas de Dó maior, Sol maior e Lá menor, Krumhansl, Bharucha e Kessler (1982) obtêm dos juízos de proximidade de todos os pares possíveis uma relação de proximidade em que se destaca um grupo central de três acordes fortemente relacionados (I, IV, V) e um outro grupo de quatro acordes (ii, iii, vi e vii⁰) percebidos como menos próximos do centro tonal. Em particular, e por ordem decrescente, aparecem os acordes V, IV, vi, iii e vii⁰.

Quanto à proximidade entre regiões tonais, resultados semelhantes são relatados por Krumhansl (1983) bem como Krumhansl e Kessler (1982a), sendo que as tonalidades à distância de quinta, bem como as tonalidades relativas e paralelas são percebidas como as mais próximas. Outras indícios que apontam para este resultado são apresentados por Cuddy, Cohen, e Miller (1979, citado em Krumhansl 1983) que mostram que uma melodia é mais facilmente reconhecida se for transposta para a tonalidade próxima da dominante do que se for transposta para a tonalidade à distância de quarta aumentada.

SUMÁRIO E CONCLUSÃO

Pretendia-se dos quatro modelos apresentados sistematizar a estrutura cognitiva da tonalidade no que se refere quer à proximidade entre sons isolados quer à proximidade entre acordes de uma tonalidade e de tonalidades deferentes.

Para o efeito, Shepard (1982a) serve-se da altura absoluta bem como dos intervalos diferenciáveis após equivalência por inversão (da segunda menor à quarta aumentada), obtendo uma estrutura regular e simétrica.

Uma proposta diferente surge de Longuet-Higgins, que baseia o seu modelo em pressupostos ligados à afinação e que assegura que uma dada nota num contexto tonal

específico é definida exactamente por três parâmetros, a saber, uma combinação de terceiras maiores, quintas perfeitas e oitavas. Para efeitos de harmonia, Longuet-Higgins tem em consideração a equivalência de oitavas e reduz o esquema tridimensional da estrutura a quintas e terceiras maiores a que chama 'espaço harmónico'. Uma dada tonalidade é definida como sendo uma vizinhança de pontos neste 'espaço' e modular equivale a passar de uma vizinhança a outra.

O modelo de Lerdahl é algébrico e não geométrico. De acordo com Lerdahl (1988), nem o modelo de Shepard nem o modelo de Longuet-Higgins são fieis à assimetria da organização tonal. O ciclo de terceiras maiores usado por Longuet-Higgins, por exemplo, é mais apropriado para descrever o cromatismo harmónico que se desenvolve no século XIX que a organização tonal tradicional. Da mesma maneira, a estrutura regular e simétrica de Shepard seria mais relevante para a música de Debussy do que para a organização tonal. De acordo com Lerdahl (1988), o modelo de Shepard enferma ainda da ausência de considerações acerca da proximidade de acordes de uma tonalidade e de tonalidades diferentes. No modelo de Longuet-Higgins, embora sejam abordados estes diferentes níveis, é insustentável, de acordo com Lerdahl (1988) o facto da proximidade entre acordes ser inferida da proximidade entre sons individuais.

Ao contrário dos modelos precedentes, que assentam essencialmente em pressupostos teóricos, o trabalho de Krumhansl distingue-se por ser de cunho experimental. Quer ao nível de sons isolados, quer ao nível de acordes de uma tonalidade e de tonalidades diferentes, a hierarquia tonal é confirmada do ponto de vista da percepção, constituindo assim um modelo cognitivo que corresponde à prática teórica e composicional tradicional. Assim, ao nível de sons individuais, Krumhansl (1983) evidencia a proximidade, por ordem decrescente, da tónica, dos graus do acorde da tónica, dos outros graus diatónicos e, finalmente, dos graus cromáticos da escala de uma dada tonalidade. Ao nível dos acordes dentro da mesma tonalidade, estes resultados são confirmados porquanto são percebidos como mais estáveis, por ordem decrescente, os acordes da tónica, da dominante, da subdominante, seguidos dos acordes assentes nos restantes graus da escala. Ainda no que se refere à proximidade entre regiões tonais, resultados semelhantes são obtidos.

Dos quatro modelos expostos, o modelo de Lerdahl parece-nos o mais pregnante de possibilidades, dadas as ligações teóricas que encerra, nomeadamente no que se refere à sistematização e operacionalidade que oferece em relação ao trabalho de Krumhansl e à extensão que oferece ao modelo da teoria generativa de Lerdahl e Jackendoff (1983). De facto,

o 'espaço tonal' complementa a teoria generativa porquanto nesta os padrões de tensão e relaxamento são esquematizados mas não são quantificados. É essa lacuna que a teorização do 'espaço tonal' vem colmatar.

Tendo em conta compatibilidade com outros teóricos e a operacionalidade que confere a resultados experimentais existentes, o trabalho de Lerdahl parece-nos aquele que oferece um melhor instrumento de pesquisa quer na produção quer na percepção de música tonal, como têm mostrado resultados recentes de Smith e Cuddy (2003), Vega (2003), e Martingo (2005), abrindo deste modo novas possibilidades de compreensão dos mecanismos subjacentes à percepção e performance musical.

NOTAS

¹ Esta comunicação é parte da investigação financiada pela bolsa de pós-doutoramento com a referência SFRH / BPD / 14503 / 2003 da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, e FSE – Fundo Social Europeu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuddy, L., Cohen, A. J. & Miller, J. (1979). Melodic recognition: The experimental application of musical rules. *Canadian Journal of Psychology*, 33:255-70.
- Deutsch, D. & Feroe, J. (1981). The internal representation of pitch sequences in tonal music. *Psychological Review*, 88:503-22.
- Krumhansl, C. (1983). Perceptual structures for tonal music. *Music Perception*, 1:28-62.
- Krumhansl, C. (1990). *Cognitive foundations of musical pitch*. New York: Oxford University Press.
- Krumhansl, C. & Shepard, R. (1979). Quantification of the hierarchy of tonal functions within a tonal context. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 5:579-94.
- Krumhansl, C., & Kessler, E. (1982). Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. *Psychological Review*, 89:334-68.
- Krumhansl, C., Bharucha, J. J. & Kessler, E. (1982). Perceived harmonic structure of chords in three related musical keys. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 8:24-36.
- Lerdahl, F. (1988). Tonal pitch space. *Music Perception*, 5(3):315-349.
- Lerdahl, F. (2001). *Tonal pitch space*. Oxford: Oxford University Press.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Longuet-Higgins, H. C. (1987). *Mental Processes: Studies in cognitive sciences*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Martingo, Ângelo. (2005). Testing Lerdahl's Tonal Pitch Space – evidence from music recordings. In Davidson, J., Mota, G. & Jordan, N. (Ed.): *Performance Matters – Abstracts from the international conference on psychological, philosophical, and educational issues in music performance*, 27-8. [Livro de Actas e CD ROM]. Porto, 14-17 September 2005. Porto: Cipem.
- Shepard, R. N. (1964). Circularity in judgments of relative pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 6:2346-2353.

- Shepard, R. N. (1982a). Structural Representations of Musical Pitch. In Deutsch (Ed.). *The Psychology of Music*. New York: Academic Press.
- Shepard, R. N. (1982b). Geometrical approximations to the structure of musical pitch. *Psychological Review*, 89:305-333.
- Smith, N., & Cuddy, L. (2003). Perceptions of musical dimensions in Beethoven's Waldstein sonata: An application of Tonal Pitch Space theory. *Musicae Scientiae*, 7(1):7-34.
- Vega, D. (2003). A perceptual experiment on harmonic tension and melodic attraction in Lerdahl's Tonal Pitch Space. *Musicae Scientiae*, 7(1):35-55.